

**CAPTEUR CAPACITIF DE MESURE
ET PROCEDE DE MESURE ASSOCIE**

Domaine technique de l'invention

5 L'invention concerne un capteur capacitif de mesure et un procédé de mesure par capteur capacitif.

L'invention s'applique aux microsystèmes comprenant un capteur capacitif et une électronique de
10 mesure et d'actionnement du capteur, tels que, par exemple, les accéléromètres capacitifs.

Selon l'art connu, un capteur capacitif comprend au moins un condensateur ayant au moins une armature mobile. Le déplacement de la ou des
15 armature(s) mobile(s) du capteur capacitif entraîne une variation de la capacité mesurée.

La sensibilité de mesure d'un capteur capacitif dépend de la position relative des armatures au début de la mesure. Or, par rapport à une position
20 de départ optimale (position de repos), les armatures d'un capteur qui subit plusieurs déformations peuvent se retrouver, au bout d'un certain temps, fortement décalées l'une par rapport à l'autre. Il est ainsi nécessaire de soumettre les armatures à une tension
25 d'actionnement pour les forcer à retrouver leur position de repos.

Les amplitudes des tensions appliquées aux capteurs capacitifs sont généralement faibles pour effectuer les mesures (par exemple 1V) et plus élevées
30 pour repositionner les armatures (par exemple 4V).

Il existe différentes manières de réaliser

la mesure et l'actionnement d'un capteur capacitif dans un intervalle de temps donné.

Une première manière consiste à scinder l'intervalle de temps en une période de mesure et une
5 période d'actionnement. La période d'actionnement est alors généralement plus longue que la période de mesure, ce qui impose une contrainte en vitesse, donc en consommation sur le circuit de lecture.

Une deuxième manière consiste à réaliser un
10 découpage spatial du capteur de manière à disposer, d'une part, d'électrodes dédiées à la mesure et, d'autre part, d'électrodes dédiées à l'actionnement. Pour une taille donnée de capteur, cela revient à diminuer la taille de l'élément sensible au profit
15 d'une partie motrice et, en conséquence, à diminuer la dynamique du signal. Il s'en suit une dégradation des performances de la mesure en terme de bruit. Cette dégradation doit alors être compensée par une électronique de mesure optimisée en bruit.

20 Une troisième manière consiste à réaliser un découpage fréquentiel des fonctions de mesure et d'actionnement. Typiquement les mesures sont réalisées par excitation sinusoïdale et démodulation synchrone et l'actionnement est réalisé par une tension continue. Le
25 circuit est alors particulièrement complexe et provoque un accroissement de la consommation.

L'invention ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

Exposé de l'invention

30 En effet, l'invention concerne un capteur capacitif comprenant au moins un condensateur de mesure

ayant une première armature et une deuxième armature, parmi lesquelles au moins une armature est une armature mobile apte à se déplacer par rapport à une position de repos lorsque, lors d'une phase de mesure, une tension de mesure est appliquée entre les première et deuxième armatures, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour appliquer, simultanément à la tension de mesure, entre les première et deuxième armatures, une tension d'actionnement apte à ramener les première et deuxième armatures dans une position sensiblement égale à la position de repos.

Selon une caractéristique supplémentaire de l'invention, les moyens pour appliquer, lors d'une phase de mesure, une tension d'actionnement sur une armature du condensateur de mesure comprennent :

- un premier interrupteur ayant une première borne reliée à la première armature du condensateur de mesure et une deuxième borne reliée à une première tension V_h , le premier interrupteur étant commandé par un premier signal d'horloge, et
- un deuxième interrupteur ayant une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur de mesure et une deuxième borne reliée à une première tension de fonctionnement V_{p1} telle que :

$$V_{p1} = V_{dd} + V_a$$

où V_a est la tension d'actionnement et V_{dd} une deuxième tension, le deuxième interrupteur

étant commandé par un deuxième signal d'horloge complémentaire et non recouvrant du premier signal d'horloge, et

- 5 - un troisième interrupteur ayant une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur de mesure et une deuxième borne reliée à une deuxième tension de fonctionnement V_{p2} telle que :

10 $V_{p2} = V_{ref} + V_a$,
où V_{ref} est une tension de référence,
le troisième interrupteur étant commandé par le premier signal d'horloge.

15 Selon un premier mode de réalisation de l'invention, la deuxième armature du condensateur de mesure est reliée à la première borne d'un quatrième interrupteur dont la deuxième borne est reliée à l'entrée inverseuse d'un amplificateur opérationnel dont la tension d'alimentation est la deuxième tension
20 V_{dd} et dont l'entrée non inverseuse est reliée à la tension de référence V_{ref} , le quatrième interrupteur étant commandé par le deuxième signal d'horloge, un cinquième interrupteur et une capacité de contre-réaction étant montés en parallèle entre l'entrée
25 inverseuse et la sortie de l'amplificateur opérationnel, le cinquième interrupteur étant commandé par le premier signal d'horloge.

30 Selon un autre mode de réalisation de l'invention, la deuxième armature du condensateur de mesure est reliée à une première armature d'un condensateur d'isolation dont la deuxième armature est

reliée à l'entrée inverseuse d'un amplificateur
opérationnel, un quatrième interrupteur commandé par le
deuxième signal d'horloge ayant une première borne
reliée à la première armature du condensateur
5 d'isolation, un cinquième interrupteur commandé par le
premier signal d'horloge ayant une première borne
reliée à la deuxième armature du condensateur
d'isolation, les quatrième et cinquième interrupteurs
ayant leurs deuxièmes bornes reliées entre elles et à
10 une première armature d'un condensateur de contre-
réaction, dont la deuxième borne est reliée à la sortie
de l'amplificateur opérationnel, un sixième
interrupteur commandé par le premier signal d'horloge
étant monté en parallèle du condensateur de contre-
15 réaction, l'amplificateur opérationnel ayant une entrée
non inverseuse reliée à la tension de référence V_{ref}
d'amplitude inférieure à l'amplitude de la première
tension V_h , la deuxième tension V_{dd} étant la tension
d'alimentation de l'amplificateur opérationnel.

20 Selon encore un autre mode de réalisation
de l'invention, la deuxième armature du condensateur de
mesure est reliée à une première armature d'un
condensateur d'isolation dont la deuxième armature est
reliée à l'entrée inverseuse d'un amplificateur
25 opérationnel, un quatrième interrupteur commandé par le
deuxième signal d'horloge ayant une première borne
reliée à la première armature du condensateur
d'isolation, un cinquième interrupteur commandé par le
premier signal d'horloge ayant une première borne
30 reliée à la deuxième armature du condensateur
d'isolation, les quatrième et cinquième interrupteurs

ayant leurs deuxièmes bornes reliées entre elles, un condensateur de contre-réaction ayant une première armature reliée, d'une part, aux deuxièmes bornes des quatrième et cinquième interrupteurs par
5 l'intermédiaire d'un sixième interrupteur commandé par le deuxième signal d'horloge et, d'autre part, à la première tension V_h par l'intermédiaire d'un septième interrupteur commandé par le premier signal d'horloge, et une deuxième armature reliée, d'une part, à la
10 tension de référence V_{ref} par l'intermédiaire d'un huitième interrupteur commandé par le premier signal d'horloge et, d'autre part, à la sortie d'un amplificateur opérationnel par l'intermédiaire d'un neuvième interrupteur commandé par le deuxième signal
15 d'horloge; un dixième interrupteur commandé par le premier signal d'horloge ayant une première borne reliée aux deuxièmes bornes des quatrième et cinquième interrupteurs et une deuxième borne reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel dont l'entrée non
20 inverseuse est reliée à la tension de référence V_{ref} , la deuxième tension V_{dd} étant la tension d'alimentation de l'amplificateur opérationnel.

L'invention concerne également un procédé de mesure par capteur capacitif comprenant au moins un
25 condensateur de mesure ayant une première et une deuxième armatures parmi lesquelles au moins une armature est une armature mobile apte à se déplacer, par rapport à une position de repos, lorsqu'une tension de mesure est appliquée entre les première et deuxième
30 armatures, caractérisé en ce qu'il comprend, simultanément à l'application d'une tension de mesure

entre les première et deuxième armatures, l'application, entre lesdites première et deuxième armatures, d'une tension d'actionnement apte à ramener les première et deuxième armatures dans une position
5 sensiblement égale à la position de repos.

L'invention est basée sur le principe des capacités commutées et permet d'éviter les inconvénients des techniques de l'art antérieur mentionnées ci-dessus. Son principe général est
10 d'ajuster les tensions de charge et de décharge d'un condensateur de mesure dans le sens que requiert l'actionnement, de manière à produire simultanément l'actionnement et la mesure.

15 Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel fait en référence aux figures jointes parmi lesquelles :

- 20 - la figure 1 représente un capteur capacitif de mesure selon l'invention ;
- la figure 2A représente des tensions d'horloge appliquées à un capteur capacitif de mesure selon l'invention ;
- 25 - la figure 2B représente des potentiels appliqués, pour la mesure et/ou pour l'actionnement, sur une armature de condensateur de mesure de capteur capacitif selon l'invention ;
- 30 - la figure 2C représente l'évolution de la

- tension aux bornes d'un condensateur de mesure de capteur capacitif selon l'invention ;
- la figure 2D représente la tension en sortie d'un capteur capacitif de mesure selon l'invention ;
 - la figure 3 représente un premier perfectionnement du capteur capacitif de mesure selon l'invention ;
 - la figure 4 représente un deuxième perfectionnement du capteur capacitif de mesure selon l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments.

Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

La figure 1 représente un capteur capacitif selon l'invention.

Le capteur capacitif comprend un condensateur de mesure C_m ayant au moins une armature mobile, cinq interrupteurs I_1 , I_2 , I_3 , I_4 , I_5 , un condensateur de contre-réaction C_1 et un amplificateur opérationnel A.

L'interrupteur I_1 a une première borne reliée à une première armature du condensateur C_m et une deuxième borne reliée à une première tension V_h égale, par exemple, à $V_{dd}/2$, où V_{dd} est la tension d'alimentation du circuit. L'interrupteur I_1 est commandé par un signal d'horloge H_1 .

Les interrupteurs I2 et I3 ont une première borne commune reliée à une deuxième armature du condensateur de mesure C_m , l'interrupteur I2 ayant sa deuxième borne reliée à une tension V_{p1} et
5 l'interrupteur I3 ayant sa deuxième borne reliée à une tension V_{p2} . Les interrupteurs I2 et I3 sont commandés par les signaux d'horloge respectifs H2 et H1.

Les signaux d'horloge H1 et H2 sont des créneaux de tension complémentaires non recouvrants
10 ayant pour niveau haut, par exemple, la tension d'alimentation V_{dd} et pour niveau bas, par exemple, la masse qui peut être égale à 0V. Lorsque le signal d'horloge H1 est au niveau haut, le signal d'horloge H2 est au niveau bas et réciproquement (cf. figure 2A).

15 L'interrupteur I4 a une première borne reliée à la première armature du condensateur de mesure C_m et une deuxième borne reliée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel A dont l'entrée non-inverseuse est reliée à la tension de référence V_{ref} .
20 L'interrupteur I4 est commandé par le signal d'horloge H2. L'amplificateur opérationnel A est alimenté par la tension V_{dd} .

L'interrupteur I5 a une première borne reliée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur
25 opérationnel A dont la sortie est reliée à la deuxième borne de l'interrupteur I5. Le condensateur C1 a une première armature reliée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel et une deuxième armature reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel.
30 L'interrupteur I5 est commandé par le signal d'horloge H1.

Lorsque le signal d'horloge H1 est au niveau haut (et donc le signal d'horloge H2 au niveau bas), les interrupteurs I1, I3 et I5 sont fermés et les interrupteurs I2 et I4 sont ouverts. La différence de
5 potentiel aux bornes du condensateur Cm s'écrit alors :

$$VCm1 = Vp2 - Vh$$

L'entrée inverseuse de l'amplificateur A est
10 isolée du condensateur Cm (interrupteur I4 ouvert). L'amplificateur opérationnel A est alors en mode suiveur (interrupteur I5 fermé). La sortie de l'amplificateur opérationnel A se stabilise approximativement à la tension Vref.

15 Lorsque le signal d'horloge H2 est au niveau haut (et donc le signal d'horloge H1 au niveau bas), les interrupteurs I1, I3 et I5 sont ouverts et les interrupteurs I2 et I4 sont fermés. La première armature du condensateur de mesure Cm est portée
20 virtuellement à la tension de référence Vref (interrupteur I4 fermé) et la deuxième armature est portée au potentiel Vp1 de sorte que la différence de potentiel qui apparaît aux bornes du condensateur Cm s'écrit :

25

$$VCm2 = Vp1 - Vref$$

D'un niveau d'horloge à l'autre, le bilan des charges ΔQ délivrées par le condensateur Cm s'écrit
30 alors :

$$\Delta Q = C_m (V_{Cm2} - V_{Cm1}), \text{ soit}$$

$$\Delta Q = C_m (V_{p1} - V_{p2}) + C_m (V_h - V_{ref}).$$

5 En général, $V_h = V_{ref}$ d'où

$$\Delta Q = C_m (V_{p1} - V_{p2}).$$

La variation de tension ΔV_{out} en sortie de
l'amplificateur opérationnel s'écrit :

10

$$\Delta V_{out} = \Delta Q / C_1$$

Va étant la valeur de la tension
d'actionnement souhaitée, en fixant les tensions V_{p2} et
15 V_{p1} comme suit :

$$V_{p2} = V_{ref} + V_a, \text{ et}$$

$$V_{p1} = V_{dd} + V_a,$$

20 il vient :

$$\Delta V_{out} = C_m (V_{dd} - V_{ref}) / C_1$$

Avantageusement, la tension mesurée en
25 sortie du capteur capacitif varie linéairement en
fonction de la capacité du condensateur de mesure et ne
dépend pas de la tension d'actionnement V_a .

Des mesures peuvent alors être effectuées
alors qu'une tension d'actionnement est appliquée.

30 Comme cela a été mentionné précédemment,
lorsque le signal d'horloge H1 est au niveau haut, la

tension aux bornes du condensateur C_m s'écrit :

$$VC_{m1} = V_{p2} - V_h$$

5 De même, lorsque le signal d'horloge H2 est au niveau haut, la tension aux bornes du condensateur C_m s'écrit :

$$VC_{m2} = V_{p1} - V_{ref}$$

Or :

10
$$V_{p2} = V_{ref} + V_a, \text{ et}$$
$$V_{p1} = V_{dd} + V_a$$

Il s'en suit que, si $V_h = V_{ref}$:

15
$$VC_{m1} = V_a, \text{ et}$$
$$VC_{m2} = V_a + V_{dd} - V_{ref}$$

La tension appliquée aux bornes du condensateur C_m n'a donc pas une valeur constante. Il a été constaté que ce fait n'a pas de conséquences
20 préjudiciables au bon fonctionnement du capteur capacitif.

Un exemple de fonctionnement de capteur capacitif selon l'invention est donné aux figures 2A-2D :

- 25
- la figure 2A représente les tensions d'horloge H1 et H2 ;
 - la figure 2B représente une évolution des potentiels V_{p1} et V_{p2} ;
 - la figure 2C représente l'évolution de la
- 30 tension VC_m aux bornes du condensateur de mesure ;

- la figure 2D représente la tension en sortie du capteur capacitif.

A titre d'exemple non limitatif, les valeurs des tensions Vdd et Va peuvent être :

5

$$V_{dd} = 3,3V, \text{ et}$$

$$V_a = 4V$$

Les signaux d'horloge H1 et H2 sont alors
10 des créneaux de tension complémentaires qui évoluent entre 3,3V (Vdd) et zéro volt (cf. figure 2A). Les tensions Vh et Vref sont égales à 1,65V (Vdd/2). La tension d'actionnement égale à 4V est appliquée de t=0 à t=t1. Les tensions Vp2 et Vp1 sont alors
15 respectivement égales à 5,65V et 7,3V. Au-delà de t=t1, aucune tension d'actionnement n'est appliquée.

Dans certaines applications, la tension Vh qui est appliquée au rythme du signal d'horloge H1 sur la première armature du condensateur Cm et, partant,
20 sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel A, peut atteindre des valeurs suffisamment élevées pour endommager l'amplificateur opérationnel A. C'est le cas par exemple lorsque le capteur, de par sa conception, requiert une polarisation élevée sur son électrode ou
25 lorsque la configuration du circuit dans lequel est inclus le capteur, fait que cette électrode est soumise à une tension élevée. Il est alors nécessaire de protéger l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel.

30 La figure 3 représente un premier circuit selon l'invention permettant de protéger l'entrée

inverseuse de l'amplificateur opérationnel de l'application d'une tension de référence trop élevée.

La première armature du condensateur Cm est ici reliée à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel A par l'intermédiaire d'un condensateur d'isolation C2. Un quatrième interrupteur Ia a une première borne reliée à la première armature du condensateur Cm et à une première borne du condensateur C2. Un cinquième interrupteur Ib a une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur C2 et à la deuxième borne de l'interrupteur Ia. La borne commune des interrupteurs Ia et Ib est reliée à la première armature du condensateur C1 et à la première borne d'un interrupteur Ic dont la deuxième borne est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel A. Le signal d'horloge H2 commande l'interrupteur Ia et le signal d'horloge H1 commande l'interrupteur Ib. Une tension de référence Vref, d'amplitude inférieure à celle de la haute tension Vh qui est appliquée sur la deuxième borne de l'interrupteur I1, est appliquée sur l'entrée non inverseuse (+) de l'amplificateur opérationnel A. La tension Vdd est également appliquée comme tension d'alimentation de l'amplificateur opérationnel A.

Lorsque le signal d'horloge H1 commande la fermeture de l'interrupteur I1, l'interrupteur Ib est également fermé et l'interrupteur Ia est ouvert. L'entrée inverseuse de l'amplificateur A, isolée de la haute tension Vh, est portée au potentiel Vref.

Lorsque le signal d'horloge H1 commande l'ouverture de l'interrupteur I1, l'interrupteur Ib est

également ouvert et l'interrupteur Ia est fermé. La première armature du condensateur Cm est alors reliée à la première armature du condensateur C1 dont le potentiel est égal à la haute tension Vh.
5 L'interrupteur Ib, ouvert, protège l'entrée inverseuse de l'application du potentiel Vh.

Dans tous les cas, l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel A est ainsi protégée de la haute tension Vh. Le circuit selon le perfectionnement
10 de la figure 3 présente, en outre, l'avantage de s'affranchir de la tension d'offset de l'amplificateur opérationnel A et de multiplier le gain effectif de ce dernier.

Le circuit représenté en figure 3 présente
15 cependant l'inconvénient de reporter la haute tension Vh sur l'excursion de la tension en sortie de l'amplificateur opérationnel. En effet, lorsque l'horloge H1 est active, la capacité C1 est déchargée. La tension à ses bornes est donc nulle. Lorsque
20 l'horloge H2 est active, par l'intermédiaire du condensateur C2, on impose sur une de ses électrodes la tension Vh. Le condensateur C1 étant initialement déchargé, on trouve donc aussi la tension Vh sur sa deuxième électrode, augmentée d'une tension
25 correspondant à la charge provenant du condensateur Cm.

Le circuit représenté en figure 4 permet de supprimer cet autre inconvénient. En plus des composants représentés en figure 3, le circuit représenté en figure 4 comprend quatre interrupteurs
30 supplémentaires Id, Ie, If, Ig. Le condensateur C1 n'est pas ici monté directement en parallèle de

l'interrupteur Ic, comme c'est le cas sur la figure 3. La première armature du condensateur C1 est reliée à une première borne de l'interrupteur Id et à une première borne de l'interrupteur Ie, alors que la
5 deuxième borne de l'interrupteur Id est reliée à la borne commune aux interrupteurs Ia et Ib et la deuxième borne de l'interrupteur Ie est reliée à la haute tension Vh. Par ailleurs, la deuxième armature de la capacité C1 est reliée à une première borne de
10 l'interrupteur If et à une première borne de l'interrupteur Ig, alors que la deuxième borne de l'interrupteur If est reliée à la tension de référence Vref et la deuxième borne de l'interrupteur Ig est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel A.
15 Les interrupteurs Ie et If sont commandés par le signal d'horloge H1 et les interrupteurs Id et Ig sont commandés par le signal d'horloge H2.

Lorsque le signal d'horloge H1 est actif (interrupteurs I1, I3, Ic, Ib, Ie, If fermés et
20 interrupteurs I2, Ia, Id, Ig ouverts), le condensateur C1 est chargé entre la haute tension Vh et la tension de référence Vref. L'amplificateur opérationnel est en mode suiveur. La tension de sortie de l'amplificateur opérationnel est en conséquence sensiblement égale à
25 Vref.

Lorsque l'horloge H2 est active (interrupteurs I1, I3, Ic, Ib, Ie, If ouverts et interrupteurs I2, Ia, Id, Ig fermés), le condensateur C1 est connecté entre la sortie de l'amplificateur
30 opérationnel A et la première armature du condensateur Cm. La première armature du condensateur C1 est portée

au potentiel V_h par l'intermédiaire du condensateur C_2 , la deuxième armature du condensateur C_1 restant au potentiel V_{ref} du fait de la précharge entre les tensions V_h et V_{ref} , opérées lorsque l'horloge H_1 était active (cf. ci-dessus). Ainsi, la sortie de l'amplificateur opérationnel A subit-elle une variation de tension qui n'est due qu'aux charges provenant du condensateur C_m et non pas à la haute tension V_h .

Le capteur capacitif de mesure selon l'invention décrit aux figures 3 - 5 comprend, à titre d'exemple, un seul condensateur de mesure. Il est clair pour l'homme du métier que l'invention s'applique également à des capteurs capacitifs comprenant plusieurs condensateurs de mesure tels que, par exemple, les capteurs capacitifs à deux condensateurs ayant une armature commune.

REVENDICATIONS

1. Capteur capacitif comprenant au moins un condensateur de mesure (Cm) ayant une première et une
5 deuxième armatures parmi lesquelles au moins une armature est une armature mobile apte à se déplacer par rapport à une position de repos lorsque, lors d'une phase de mesure, une tension de mesure est appliquée entre les première et deuxième armatures, caractérisé
10 en ce qu'il comprend des moyens pour appliquer, simultanément à la tension de mesure, entre les première et deuxième armatures, une tension d'actionnement (Va) apte à ramener les première et deuxième armatures dans une position sensiblement égale
15 à la position de repos.

2. Capteur capacitif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens (I1, I2, I3) pour appliquer simultanément, lors d'une phase
20 de mesure, une tension de mesure et une tension d'actionnement (Va) comprennent :

- un premier interrupteur (I1) ayant une première borne reliée à la première armature du condensateur de mesure et une deuxième borne
25 reliée à une première tension Vh, le premier interrupteur (I1) étant commandé par un premier signal d'horloge (H1), et
- un deuxième interrupteur (I2) ayant une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur de mesure (Cm) et une deuxième
30

borne reliée à une première tension de fonctionnement V_{p1} telle que :

$$V_{p1} = V_{dd} + V_a$$

5

où V_a est la tension d'actionnement et V_{dd} une deuxième tension, le deuxième interrupteur (I2) étant commandé par un deuxième signal d'horloge (H2) complémentaire et non recouvrant du premier signal d'horloge, et

10

- un troisième interrupteur (I3) ayant une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur de mesure (C_m) et une deuxième borne reliée à une deuxième tension de fonctionnement V_{p2} de sorte que la deuxième tension de fonctionnement s'écrit :

15

$$V_{p2} = V_{ref} + V_a,$$

20

où V_{ref} est une tension de référence, le troisième interrupteur (I3) étant commandé par le premier signal d'horloge (H1).

3. Capteur capacitif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la deuxième armature du condensateur de mesure (C_m) est reliée à la première borne d'un quatrième interrupteur (I4) dont la deuxième borne est reliée à l'entrée inverseuse (-) d'un amplificateur opérationnel (A) dont la tension d'alimentation est la tension V_{dd} et dont l'entrée non inverseuse (+) est reliée à la tension de référence

25

30

Vref, le quatrième interrupteur (I4) étant commandé par le deuxième signal d'horloge (H2), un cinquième interrupteur (I5) et une capacité de contre-réaction (C1) étant montés en parallèle entre l'entrée inverseuse (-) et la sortie de l'amplificateur opérationnel (A), le cinquième interrupteur (I5) étant commandé par le premier signal d'horloge (H1).

4. Capteur capacitif selon la revendication 2, caractérisé en ce que la deuxième armature du condensateur de mesure est reliée à une première armature d'un condensateur d'isolation (C2) dont la deuxième armature est reliée à l'entrée inverseuse (-) d'un amplificateur opérationnel (A), un quatrième interrupteur (Ia) commandé par le deuxième signal d'horloge (H2) ayant une première borne reliée à la première armature du condensateur d'isolation (C2), un cinquième interrupteur (Ib) commandé par le premier signal d'horloge (H1) ayant une première borne reliée à la deuxième armature du condensateur d'isolation (C2), les quatrième (Ia) et cinquième interrupteur (Ib) ayant leurs deuxièmes bornes reliées entre elles et à une première armature d'un condensateur de contre-réaction (C1), dont la deuxième borne est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel (A), un sixième interrupteur (Ic) commandé par le premier signal d'horloge (H1) étant monté en parallèle du condensateur de contre-réaction (C1), l'amplificateur opérationnel (A) ayant une entrée non inverseuse (+) reliée à la tension de référence Vref d'amplitude inférieure à l'amplitude de la tension Vh, la deuxième tension Vdd

étant la tension d'alimentation de l'amplificateur opérationnel (A).

5. Capteur capacitif selon la
5 revendication 2, caractérisé en ce que la deuxième armature du condensateur de mesure (Cm) est reliée à une première armature d'un condensateur d'isolation (C2) dont la deuxième armature est reliée à l'entrée inverseuse (-) d'un amplificateur opérationnel (A), un
10 quatrième interrupteur (Ia) commandé par le deuxième signal d'horloge (H2) ayant une première borne reliée à la première armature du condensateur d'isolation (C2), un cinquième interrupteur (Ib) commandé par le premier signal d'horloge (H1) ayant une première borne reliée à
15 la deuxième armature du condensateur d'isolation (C2), les quatrième (Ia) et cinquième (Ib) interrupteurs ayant leurs deuxième bornes reliées entre elles, un condensateur de contre-réaction (C1) ayant une première armature reliée, d'une part, aux deuxième bornes des
20 quatrième et cinquième interrupteurs par l'intermédiaire d'un sixième interrupteur (Id) commandé par le deuxième signal d'horloge (H2) et, d'autre part, à la tension V_h par l'intermédiaire d'un septième interrupteur (Ie) commandé par le premier signal
25 d'horloge (H1), et une deuxième armature reliée, d'une part, à la tension de référence V_{ref} par l'intermédiaire d'un huitième interrupteur (If) commandé par le premier signal d'horloge (H1) et, d'autre part, à la sortie d'un amplificateur
30 opérationnel (A) par l'intermédiaire d'un neuvième interrupteur (Ig) commandé par le deuxième signal

d'horloge (H2), un dixième interrupteur (Ic) commandé par le premier signal d'horloge (H1) ayant une première borne reliée aux deuxièmes bornes des quatrième et cinquième interrupteurs et une deuxième borne reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel dont l'entrée non inverseuse (+) est reliée à la tension de référence Vref, la deuxième tension Vdd étant la tension d'alimentation de l'amplificateur opérationnel (A).

10 6. Procédé de mesure par capteur capacitif comprenant au moins un condensateur de mesure (Cm) ayant une première et une deuxième armatures parmi lesquelles au moins une armature est une armature mobile apte à se déplacer, par rapport à une position
15 de repos, lorsqu'une tension de mesure est appliquée entre les première et deuxième armatures, caractérisé en ce qu'il comprend, simultanément à l'application d'une tension de mesure entre les première et deuxième armatures, l'application, entre lesdites première et
20 deuxième armatures, d'une tension d'actionnement (Va) apte à ramener les première et deuxième armatures dans une position sensiblement égale à la position de repos.

1 / 4

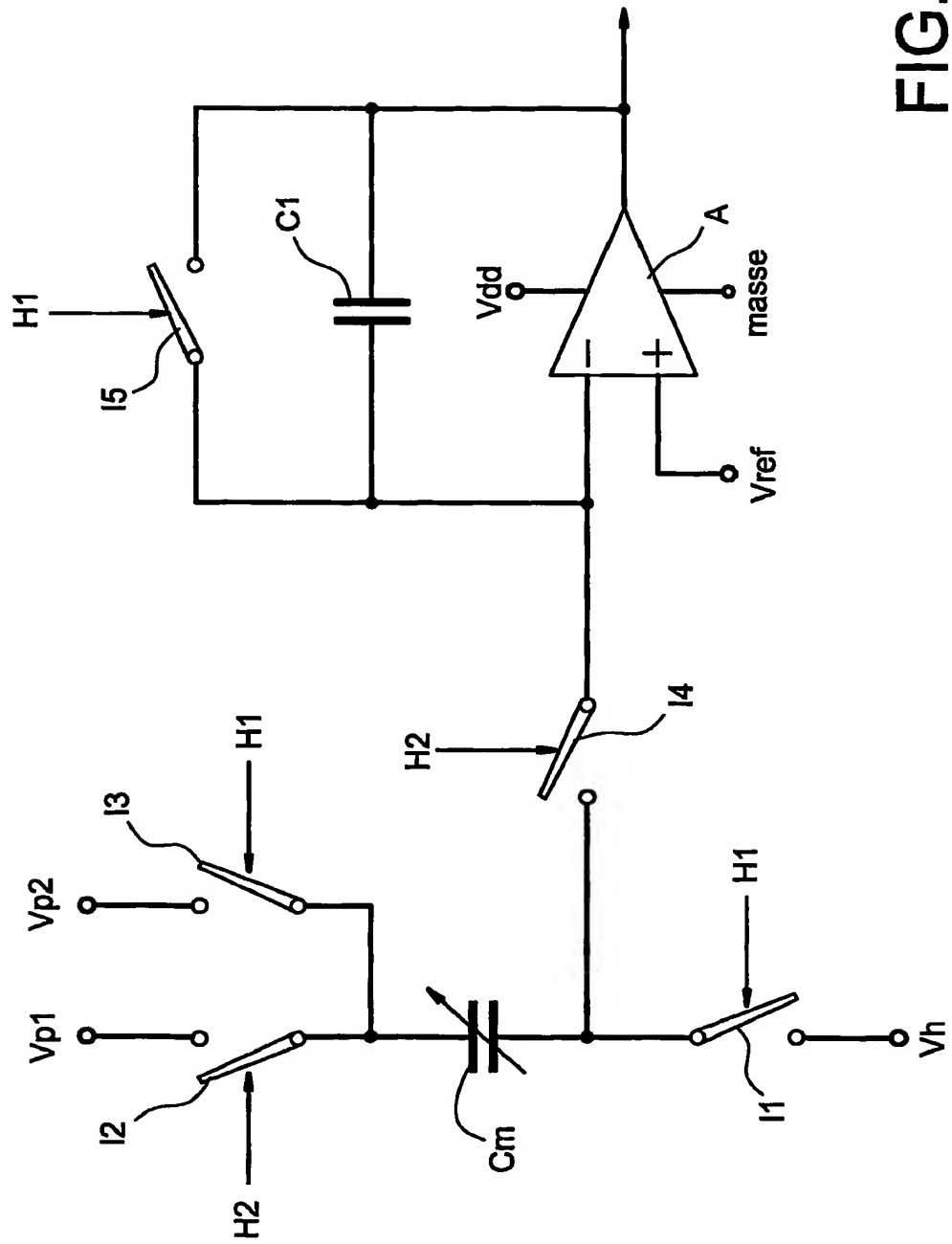
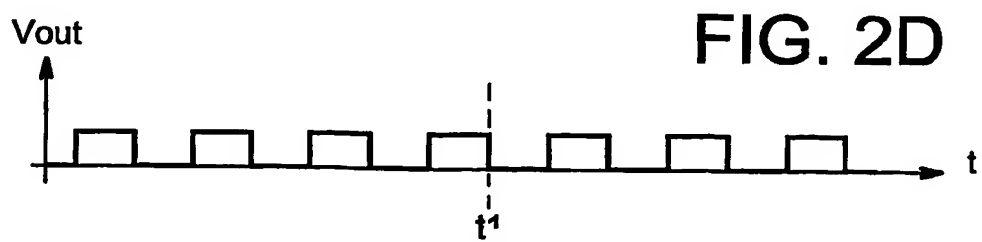
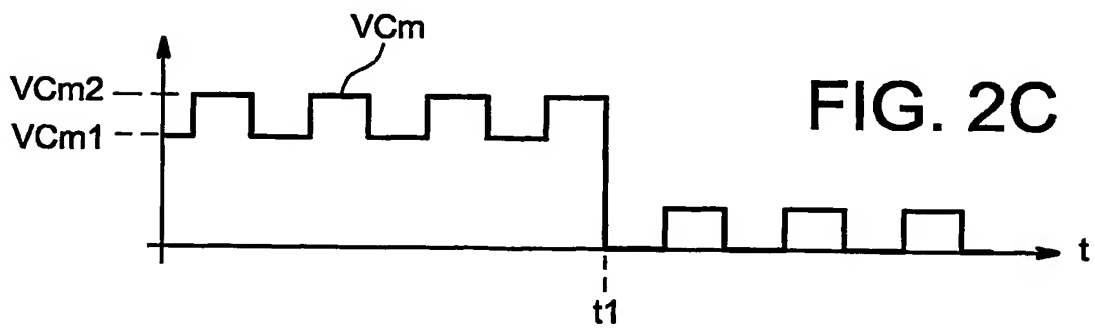
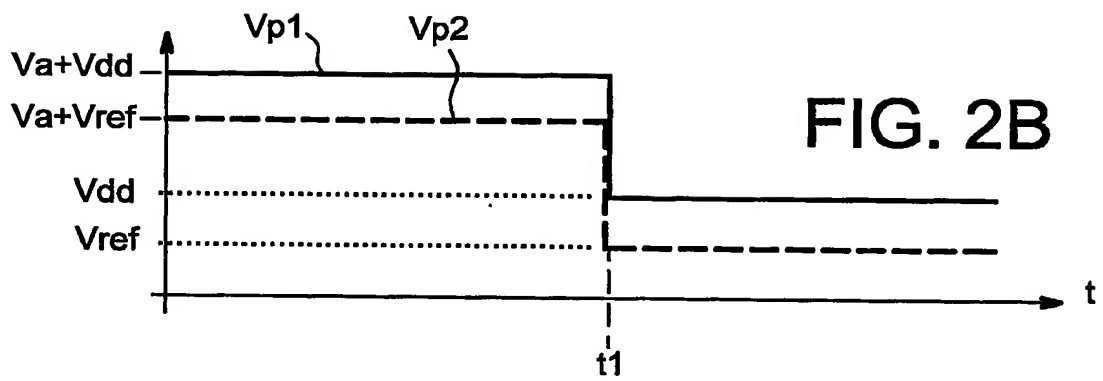
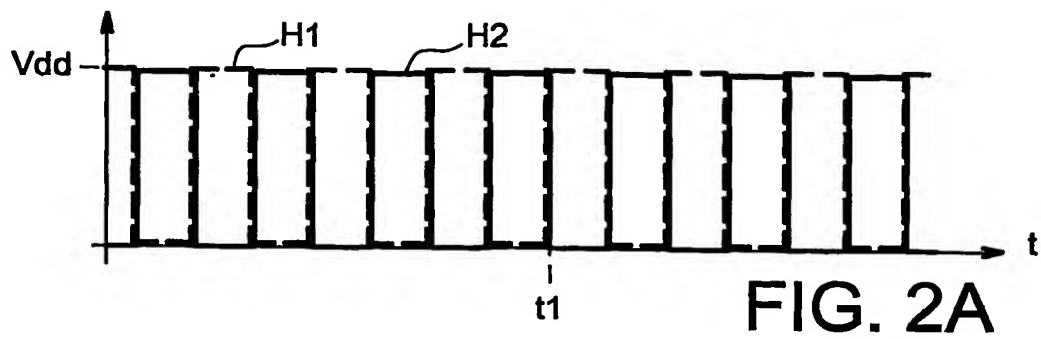


FIG. 1

2 / 4



3 / 4

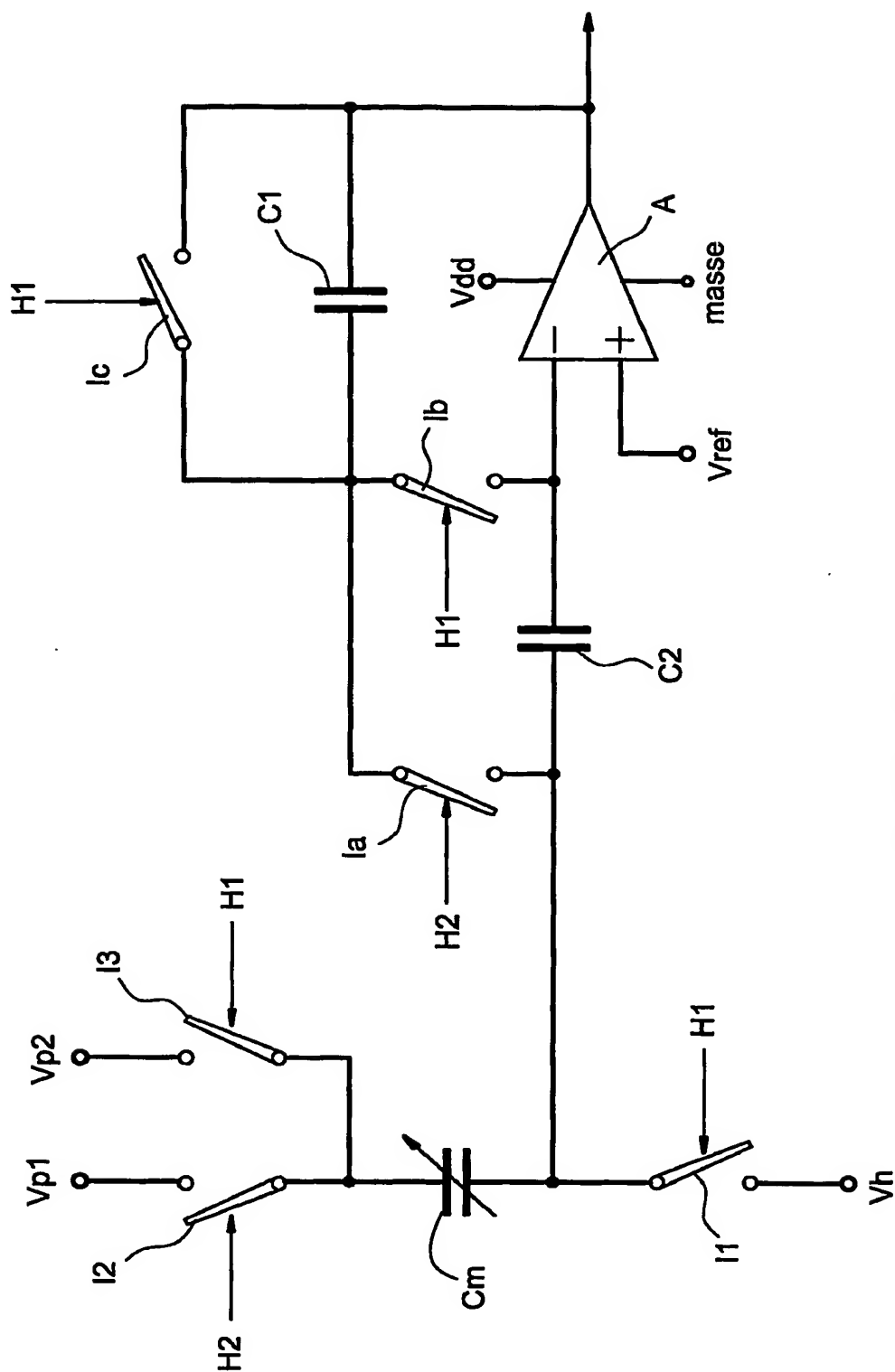


FIG. 3

4 / 4

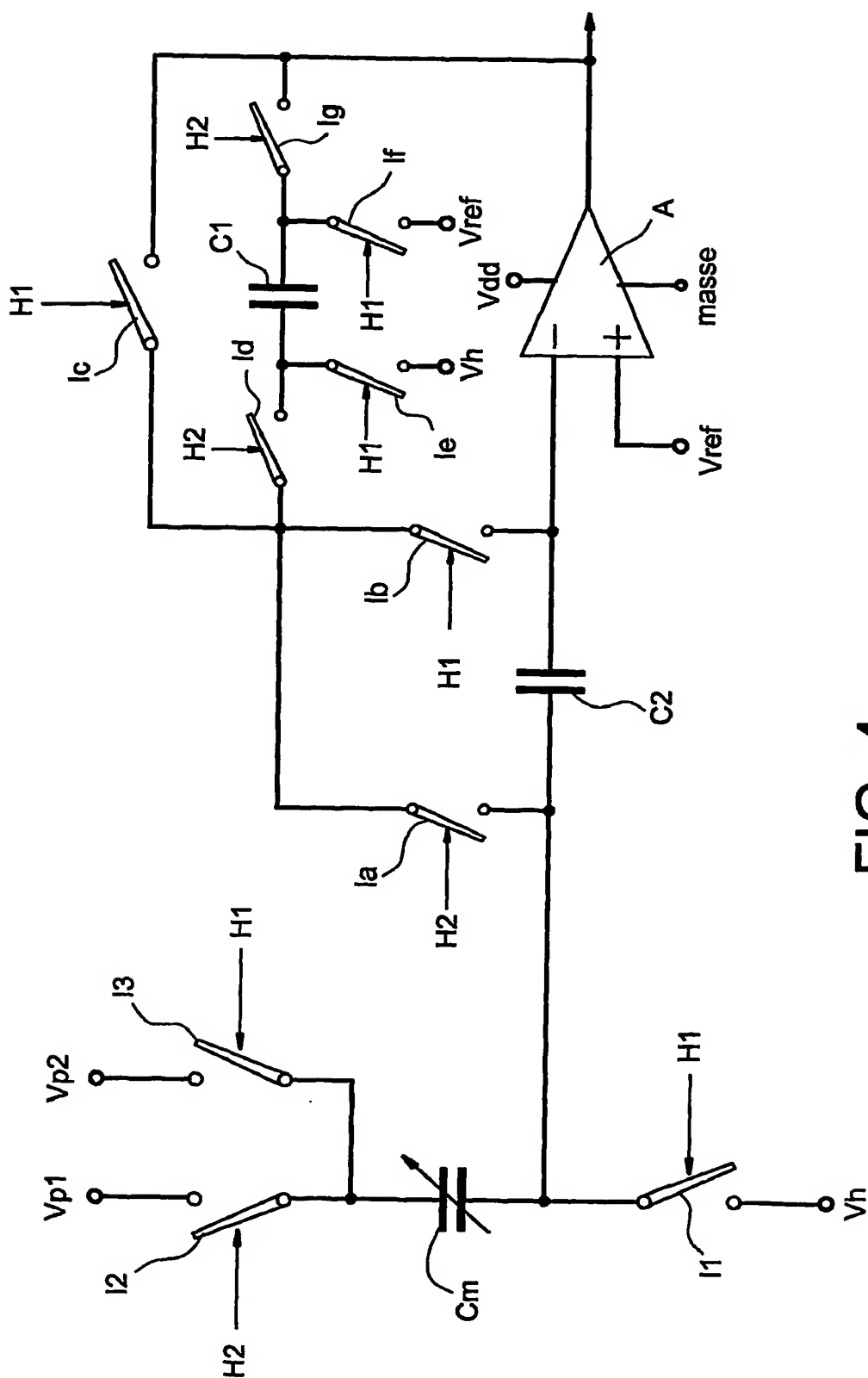


FIG. 4